

涂料工艺

第八分册

原燃料化学工业部涂料技术训练班组织编写

化学工业出版社

82.24
469
8:2

涂 料 工 艺

第 八 分 册

原燃料化学工业部涂料技术训练班组织编写

3/10/10

化 工 出 版 社

本分册内容包括防锈漆、防腐蚀漆、船舶漆和绝缘漆这四种常用专业漆的生产和使用，它们分别与石油化工、机械、交通运输和电器等工业部门有密切关系。

参加本分册编写的单位和人员如下：第一部分路敏俊；第二部分王受谦、冯明霞；第三部分姜英波；第四部分庞海深。在审订工作中广州造漆厂、沈阳油漆厂和广州电器科学研究所的同志提供过有关资料和宝贵意见。

涂 料 工 艺

第 八 分 册

原燃料化学工业部涂料技术训练班组织编写

*

化学工业出版社出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

化学工业出版社印刷厂装订

新华书店北京发行所经销

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $11^{1/2}$ 字数251千字

1983年4月新1版 1989年6月北京第3次印刷

印 数 49,541—55,460

ISBN 7-5025-0586-5/TQ·345

定 价 3.60元

(根据原石油化学工业出版社重印)

前 言

为交流生产经验，培养技术力量，原燃料化学工业部曾于一九七三年举办了涂料技术训练班。根据涂料工业广大职工学习的需要，化学工业出版社邀请训练班教师陈士杰、孙缀等对训练班所用教材进行了审订工作，并组织编者对原稿重新整理后正式出版。

在本书的编写、审订过程中，编者除了参阅许多资料外，还注意了调查研究，从实际生产需要出发选取材料。故本书对生产实践有指导作用，适于从事涂料生产的技术人员和工人阅读，也可供涂料应用部门的人员参阅。

有关单位对本书的编写和审订工作给予了大力的帮助，特别是西北油漆厂、北京市油漆厂、天津油漆厂、上海造漆厂、振华造漆厂、开林造漆厂、新华树脂厂、沈阳油漆厂、西安油漆厂、广州制漆厂、南京造漆厂、原上海染料涂料研究所、化学工业部涂料工业研究所等单位及有关局、公司自始至终给予极大的支持。在此，一并表示感谢！

《涂料工艺》全书共九个分册，内容如下：

第一分册 绪论，油基树脂漆，大漆，沥青漆。

第二分册 醇酸树脂漆，氨基树脂漆。

第三分册 色漆。

第四分册 纤维素漆，丙烯酸酯漆，乙烯类树脂漆。

第五分册 环氧树脂漆，聚氨酯漆，聚酯漆。

第六分册 元素有机树脂漆，橡胶漆，杂环树脂漆。

40979

第七分册 水溶性树脂漆及电沉积涂漆，乳胶漆。

第八分册 防锈漆，防腐蚀漆，船舶漆，绝缘漆。

第九分册 涂料的施工应用和性能测试。

由于我们的水平有限，本书的缺点和错误在所难免，热切
期望读者不吝指正，提出修改意见。

原燃料化学工业部涂料技术训练班

目 录

第一部分 防 锈 漆

(一) 金属的生锈和腐蚀电池	2
(二) 防锈颜料的特性及其应用	8
一、化学防锈颜料	8
1. 铅系颜料	8
2. 锌系颜料	11
3. 铬酸盐颜料	12
4. 磷酸盐颜料	17
5. 有机铬酸盐颜料	18
6. 其它	20
二、物理防锈颜料	22
三、体质颜料	22
(三) 防锈漆的设计与品种	28
一、设计防锈漆的一般原则	28
1. 影响漆膜防锈效果的一些主要因素	28
2. 漆料品种	33
3. 颜料与体质颜料	37
4. 颜料体积浓度	38
二、防锈漆品种与应用	39
1. 铁红防锈漆	40
2. 云铁防锈漆	40
3. 红丹防锈漆	40
4. 铬酸盐防锈漆	43
5. 磷酸盐、铬酸盐防锈漆	45

6. 偏硼酸钡防锈漆	46
7. 其它	47
五、预涂底漆	49
1. 磷化底漆	50
2. 富锌底漆	53
3. 无锌和低锌底漆	58
四、各类防锈漆之特性与应用比较	59
(四) 带锈涂料	59
一、意义和定义	59
二、渗透型涂料	62
三、转化型涂料	66
四、稳定型涂料	68
(五) 防锈漆的检验与评定	70
一、耐湿热试验	71
二、耐盐雾试验	71
三、耐盐水试验	74
四、电化学试验	74
1. 直流电阻法	74
2. 交流电阻法	75
3. 介电损耗角 ($\tan \delta$)	76

第二部分 防腐蚀漆

(一) 绪论	78
一、金属腐蚀的概述	78
二、防腐蚀涂层的作用、性能 and 特点	80
(二) 酚醛树脂防腐蚀漆	86
一、酚醛树脂的类型	86
二、酚醛树脂防腐蚀漆	88
(三) 环氧树脂防腐蚀漆	91

一、胺固化环氧防腐蚀漆	93
二、聚酰胺固化环氧防腐蚀漆	94
三、环氧沥青防腐蚀漆	95
四、无溶剂环氧防腐蚀漆	97
五、环氧酚醛防腐蚀漆	98
六、线型环氧防腐蚀漆	99
七、粉末环氧防腐蚀漆	100
(四) 聚氨酯防腐蚀漆	100
一、多羟基化合物固化类	101
二、烘干型封闭聚氨酯类	108
三、湿固化类	109
四、催化湿固化类	111
(五) 乙烯树脂防腐蚀漆	114
一、过氯乙烯防腐蚀漆	114
二、氯醋共聚树脂防腐蚀漆	115
三、氯乙烯偏氯乙烯防腐蚀漆	117
四、聚二乙烯基乙炔防腐蚀漆	118
(六) 橡胶树脂防腐蚀漆	120
一、氯化橡胶防腐蚀漆	121
二、氯磺化聚乙烯防腐蚀漆	122
三、氯丁橡胶防腐蚀漆	125
四、丁基橡胶防腐蚀漆	126
(七) 呋喃树脂防腐蚀漆	128
一、糠醛和糠醇	128
二、呋喃树脂的主要品种	129
三、呋喃树脂防腐蚀漆	133
(八) 大漆及其改性树脂防腐蚀漆	138
一、大漆	139
二、改性大漆防腐蚀漆	147
(九) 塑料防腐蚀涂层	150

一、氟塑料涂层	150
二、氯化聚醚涂层	156
三、聚乙烯塑料涂层	158
四、聚苯基硫醚涂层	159

第三部分 船 舶 漆

(一) 船舶漆概况	161
(二) 船舶漆所用的原材料及其性能	162
一、漆料	164
二、毒料	165
三、颜料与体质颜料	167
四、辅助材料	168
(三) 船底漆	169
一、船底防锈漆	169
1. 海水的成分及其性质	169
2. 船体钢板在海水中的腐蚀	170
3. 防止船底腐蚀的方法	179
4. 船底防锈漆的特殊要求	182
5. 船底防锈漆的种类	183
6. 船底防锈漆防锈性能测试方法	191
二、船底防污漆	193
1. 船底防污漆的特性和组成	199
2. 防污漆的机理	200
3. 防污漆的类型	206
4. 有机毒料防污漆	211
5. 木船船底防污漆	213
6. 船底防污漆防污性能测试方法	217
7. 船底防污漆的配方设计	234
(四) 水线漆	243

一、船体水线部位的腐蚀情况	243
二、一般水线漆	245
三、水线打底漆	247
四、防污水线漆	248
(五) 船壳漆	250
一、油基船壳漆	250
二、纯酚醛船壳漆	251
三、纯酚醛醇酸船壳漆	252
四、醇酸船壳漆	253
五、氯化橡胶船壳漆	254
六、冷固化环氧树脂船壳漆	255
(六) 甲板漆	256
一、一般甲板漆	257
二、甲板防滑漆	258
三、冷固化环氧树脂甲板漆	259
(七) 船用特种涂料	260
一、水舱漆	260
二、油舱漆	260
三、无溶剂环氧树脂涂料	262
四、其它用漆	263
(八) 船舶漆的施工	264
一、金属表面的涂装工艺	264
二、船底漆的涂装方法及注意事项	265
三、水线漆的涂装方法及注意事项	266
四、船壳漆的涂装方法及注意事项	267
五、甲板漆的涂装方法及注意事项	267
六、其它涂料的涂装方法及注意事项	268

第四部分 绝 缘 漆

(一) 概论	274
(二) 绝缘涂料的基本特性	276
一、绝缘漆的主要技术指标	276
二、电绝缘用合成树脂	280
三、绝缘涂料与其它绝缘材料的配套应用	283
(三) 浸渍绝缘漆	285
一、浸渍漆生产工艺	286
二、浸渍绝缘漆的施工	296
(四) 漆包线绝缘漆	301
一、一般用途漆包线漆的生产	301
二、耐高温漆包线漆	311
(五) 粘合绝缘漆	322
一、环氧系粘合漆	323
二、耐高温粘合漆	331
(六) 其它类绝缘漆	334
一、覆盖绝缘漆	334
二、矽钢片绝缘漆	340
三、电讯元件绝缘漆	341
(七) 绝缘老化	343
一、促使绝缘老化的因素	343
二、老化机理	345
三、提高绝缘材料耐久性的途径	351

第一部分 防 锈 漆

钢铁是一种重要的工程和结构材料。即使在近代日益广泛地采用有色金属和塑料的情况下，钢铁仍不失其巨大的实用地位。但钢铁由于腐蚀缩短其使用寿命或丧失其使用价值所带来的损失也是极大的。据统计：全世界近五十年来生产的约 1800 亿吨钢铁中有 800 亿吨因腐蚀而损失掉，损失率达 44%。因此防止钢铁的腐蚀对于国民经济的发展具有极为重要的意义。

腐蚀按其环境条件区分，可分为大气腐蚀；水中腐蚀；土壤腐蚀；电解质溶液腐蚀和高温腐蚀五大类。如果仅从“生锈”的起因来讲，“防锈”主要防止钢铁及铁合金在大气环境中自然因素所促发的锈蚀，其它则均属于防腐蚀的范畴。

从涂料的防护作用来讲，一般是分作防锈漆和防腐漆两类。防锈漆的含意是：用于防止钢铁受自然因素腐蚀的一种底漆，也包括防止有色金属的大气腐蚀和钢铁的水中或地下腐蚀的底漆。用作防止金属受化学介质或化学烟雾腐蚀的涂料则称为防腐漆（即防化学腐蚀漆）。

对于腐蚀来讲，涉及最广的是大气腐蚀。有统计表明：金属使用量的 95% 为钢铁，而钢铁中的 70% 是在易于生锈的大气中使用，因此防止钢铁的大气腐蚀是防锈漆的主要任务。

(一) 金属的生锈和腐蚀电池

把任何一种金属浸入电解质溶液中时，都有如下的情况发生。金属晶格中的阳离子有进入到溶液中、留下了负电荷，而使金属上发生负电荷过剩的倾向，称它为金属的溶解压，以 P 表示；另一方面，与此同时，溶液中的阳离子，也有沉积到金属上去，使金属上的正电荷过剩的趋势，称它为溶液的渗透压，以 P 表示。因此，当金属浸在电解质溶液中时，在金属和溶液间就同时发生这两种相反的作用，当达到平衡时，可能出现下述三种结果：① 当 $P > P$ 时，金属因有过剩的负电荷而带负电，在其表面周围的溶液则有多余的阳离子而带正电，从而在金属和溶液之间建立了一定的负电位差；② 当 $P < P$ 时，金属上有过剩的正电荷而带正电，在金属和溶液间形成了正电位差；③ 当 $P = P$ 时，金属表面呈中性。

通常把与电解质溶液接触的金属称为电极，它与溶液间的电位差称为电极电位。电极电位的大小是用某一种假定电极电位为零的标准电极（如氢电极或甘汞电极）来度量的。当某一金属置于电解质溶液中，阳离子的溶解和沉析达到平衡后，均会形成一个稳定的电极电位，其大小取决于金属和溶液的特性、温度和浓度等因素。因此，同一金属在不同的电解质溶液中或不同的金属在同一电解质溶液中，其电极电位也不同。这就是各种金属的腐蚀和耐腐蚀性不同的原因，同时也说明不同的腐蚀介质、温度和浓度等对腐蚀速度均有影响。

如将铜、锌二块不同的金属置于同一电解质溶液中，并用导线把它们联接，由于电位差的存在而产生电流。这样，

就构成了一个腐蚀电池。如图1-1所示，由于金属锌的电极电位比金属铜低，电子将从金属锌通过导线流向金属铜，在溶液中 Cu^{++} 向金属铜移动， Zn^{++} 向金属锌移动。为了维持两对电极电位的平衡，金属锌将不断地被溶解，即腐蚀；金属铜上，将不断地有铜沉积出来。在这个腐蚀电池中，被腐蚀的金属锌是阳极，在其上发生吸收电子反应的金属铜是阴极（图1-1）。在两个电极上发生的反应如下：

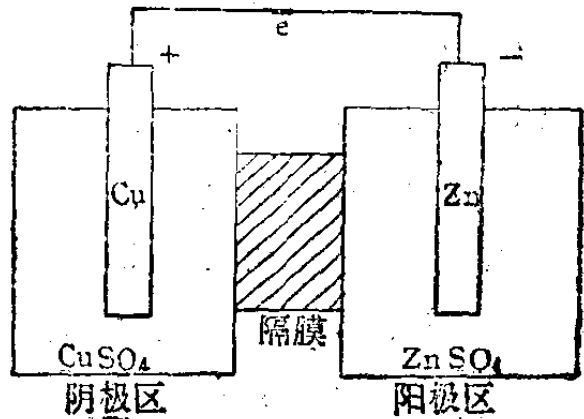
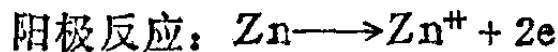


图 1-1 腐蚀电池示意图



上述这种电池，是由于两种金属浸在同一电解质溶液中所形成的。一般称为异电极电池。在实际工作中，经常可以遇到这种情况，例如，设备的铆接和焊接处、热处理不同的钢管的连接等也有腐蚀发生。这是由于金属表面存在着导电杂质，或金属成分不均匀，或热处理不好导致结晶状态的差异等，在金属表面形成无数对小电极所致。所以，同一种金属浸在溶液中也有腐蚀电池产生。

构成腐蚀电池而造成腐蚀的条件远非上述一种，有许多情况都可以造成各种类型的腐蚀电池。例如：浓差电池和温差电池等等。浓差电池是由于金属与不同浓度的电解质溶液接触时，在浓度不同的部位之间产生电极电位的差别而构成的。温差电池是金属在不同温度的电解质溶液中所建立的电池。这些构成腐蚀电池的条件经常是集中在一起的，造成相

当严重的腐蚀。

由以上看出腐蚀电池是由阳极、阴极、外电路和电解质溶液所构成。它的工作过程即腐蚀过程是由阳极反应、阴极反应、电子流动和离子的移动组成的。腐蚀速率决定于这四个环节中最慢的一步，这一起决定影响的因素称为控制因素，一般认为阳极反应和阴极反应是关键的因素。

由于氧化皮和铁之间具有一定的电位差(即 $E_{\text{氧化皮}} - E_{\text{铁}} = 0.3$ 伏)因此构成了腐蚀过程：



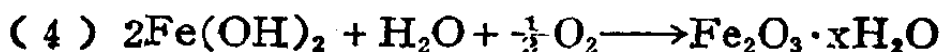
阳极溶解的亚铁离子与阴极形成的氢氧根离子生成氢氧化亚铁：



有色金属如铝、镁、锌等也同样产生上述过程：



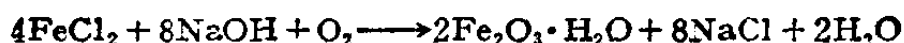
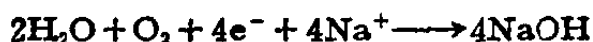
对于铝和锌来讲，生成的氧化物和氢氧化物是稳定的，不溶性的，因此代表了最后的腐蚀产物，并且其氧化层和底金属的晶格常数非常接近，如铝的晶格常数为4.04埃，其氧化层为5.35埃，因而对铝表面就形成了紧密的保护层，可阻止进一步的腐蚀。但对铁来讲生成的氢氧化亚铁是可溶的，在常温下其水溶性为0.7毫克/100毫升纯水，因而在水和共存氧的作用下形成水合氧化铁，即铁锈。



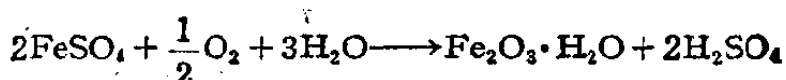
和铝、锌等相反，铁锈和铁的晶格常数相差较大（铁为

2.86埃, Fe_2O_3 为8.30埃) 故不能形成紧密的保护层。

通常的大气环境中常伴杂有其它电解质, 例如滨海地区的大气中含有盐份, 工业大气中含有二氧化硫, 均会加速电化学腐蚀过程:



SO_2 遇湿汽冷凝为 H_2SO_3 (亚硫酸), 再经金属表面催化生成 H_2SO_4 。



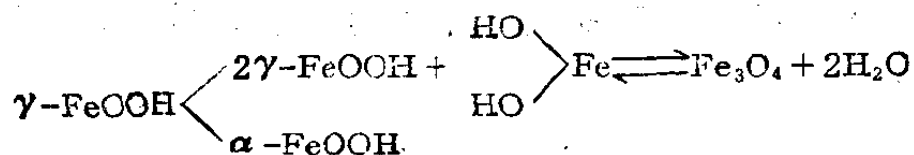
由上看到 NaCl 和 H_2SO_4 均能再生而残存于腐蚀深处, 促使底部金属不断腐蚀。

铁锈实际上是一种复杂的物质, 它随生成条件和时间的不同而成份不一。由对铁锈进行分析和X射线验证得知, 在大气中的铁锈主要为 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 或 FeOOH , 尚有一些 Fe_3O_4 。在水中由于溶解氧少, 难以生成一水合物, 主要为 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。如果水中溶解氧保持在0.23ppm以下腐蚀就很难发展。

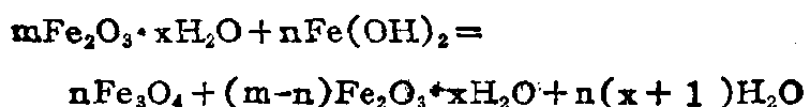
铁锈也可视作是铁再氧化成原始铁矿石的过程, 因此和天然的铁矿石一样是由不同晶形(α 、 β 、 γ 、 δ)的 FeOOH 、 Fe_3O_4 和一些非晶形物质组成。 FeOOH 随着介质的条件和化合能的不同具有不同的晶形, 如 γ - FeOOH 为立方晶格, α - FeOOH 为六方晶格, 后者的化合能大于前者, 因此生成的 α - FeOOH 较 γ - FeOOH 为稳定。

在大气中生成的初生锈, 主要为 γ - FeOOH , 性质活

拔，它可以有二种变化趋势，即转变成稳定的磁铁结构，或是形成稳定的 $\alpha\text{-FeOOH}$ 。



因此铁锈一般由里到外是由： $\text{FeO} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ [$\text{Fe}(\text{OH})_2$]， $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ， Fe_3O_4 三层组成，可由如下综合方程式近似地表示：



$m = n$ ：全部为 Fe_3O_4 ，锈层致密（见于年久的固锈）。

$m > n$ ：接近铁面为 Fe_3O_4 ，余为疏松锈（时间稍长的锈）。

$m < n$ ：上述方程式不能成立，亦即几乎不生成磁铁。常见于一般新锈，锈层全部疏松。

活泼的 $\gamma\text{-FeOOH}$ 向稳定的 $\alpha\text{-FeOOH}$ 和 Fe_3O_4 的变化速度随大气中的湿度、污染因素的影响而不同，含 SO_2 的工业大气，腐蚀速度较大，所生成的锈中 $\gamma\text{-FeOOH}$ 多， Fe_3O_4 少。这是因为环境的pH低（酸性高），从 Fe^{2+} 的水溶液生成 Fe_3O_4 的速度慢，还原生成物 Fe_3O_4 向 FeOOH 的再氧化速度却较快。含氯化物的海洋大气的锈层含 Fe_3O_4 多，这是因为 Cl^- 环境的初期生成物 $\beta\text{-FeOOH} \longrightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$ 的速度比 $\gamma\text{-FeOOH} \longrightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4$ 的速度稍大，而且环境pH高， Fe_3O_4 再氧化较难。而大气污染小的森林地区，锈蚀中则 $\alpha\text{-FeOOH}$ 成份较多。有人曾采用 $\text{FeSO}_4\text{-NaOH}$ 吹入空气体系，其中 NaOH 用来调节体系的不同的pH，以观察生成物的组成、数量与pH的关系，其结果如图1-2。